

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Thomas Djunaedi melakukan penelitian dengan judul “pengujian kekuatan tarik komposit variasi arah serat *roving* – resin *polyester bqtn r157* yang diproduksi dengan metode *vacuum bagging* untuk aplikasi pesawat tanpa awak”. Telah dilakukan penelitian studi sifat mekanik uji Tarik komposit serat *Roving* berbasis resin *Polyester* dengan arah serat 0°, 90° dan 45° fraksi masa 60% serat : 40% resin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mikro dan makro komposit serat *Roving* dengan resin *Polyester* yang di aplikasikan untuk pesawat tanpa awak. Sifat mikro komposit diketahui dari pengujian densitas sedangkan sifat makro komposit diketahui dari dilakukannya pengujian kekuatan tarik komposit, pengujian standar ASTM D3039 aplikasi pesawat tanpa awak di analisa dengan kekuatan atmosfer udara dan ketinggian di udara menggunakan standarisasi Internasional Standar Atmospher. Dalam penelitian ini dilakukan variasi fraksi volume dalam pembuatan komposit, yaitu variasi serat dan resin 60%:40%. Pembuatan komposit ini dilakukan dengan menggunakan metode *vaccum bagging*. Dari pengujian yang telah dilakukan diketahui nilai densitas terbesar terdapat pada variasi serat 45° yaitu sebesar 1,844  $\text{gr}/\text{cm}^3$ . Dari pengujian densitas tersebut disimpulkan bahwa semakin banyak presentase serat maka semakin besar pula nilai densitas komposit tersebut. Pada pengujian tarik , modulus elastisitas tarik tertinggi terdapat pada variasi serat 90° yaitu sebesar 25255.33 MPa. Analisa kekuatan tekanan atmosfer pesawat tanpa awak menunjukan bahwa arah serat 90° dengan komposit serat *Roving resin polyester* memiliki kekuatan sangat tinggi di bandingan kekuatan tekanan udara dan mempunyai nilai maksimum stress sebesar 641.96 MPa. Hal ini menunjukan bahwa jenis komposit dengan arah serat ini sudah memenuhi standar tekanan udara untuk pembuatan pesawat tanpa awak.

Firman Yasa Utama melakukan penelitian dengan judul “pengaruh variasi arah serat komposit berpenguat hibrida *fiberhybrid* terhadap kekuatan tarik dan

densitas material dalam aplikasi *body part* mobil”. Aplikasi komposit telah tersebar di banyak bidang, mulai dari bidang kesehatan, transportasi, bangunan dan industri manufaktur. Jenis komposit yang biasa dikenal dengan *fiberglass* terus dikembangkan. Konsep ramah lingkungan memperkuat terus dikembangkannya komposit dengan serat hibrida atau *fiberhybrid* yaitu gabungan antara serat sintetis dengan serat alami. Karakteristiknya cenderung lebih ringan dari pada logam serta ketahanan terhadap lingkungan yang lebih baik. Penelitian ini memberikan salah satu alternatif solusi terhadap masalah emisi gas buang dan menekan konsumsi bahan bakar kendaraan bertenaga dengan material *body* yang lebih ringan. Ada dua macam desain *fiberhybrid* dalam penelitian ini, yaitu kombinasi serat gelas (*Woven Roving*) dengan serat rami atau *WR-Ramie* dan serat gelas (*Carbon*) dengan serat rami atau *Carbon-Ramie*. Kekuatan mekanik berupa kuat tarik dan sifat fisis material berupa *density* didapat dengan variasi arah serat  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $90^\circ$ . Dilanjutkan pengujian material terhadap sifat mekanik, yaitu *tensile strength* dan perhitungan sifat fisis untuk mendapatkan hasil *density* material. Hasil pengujian dan pengolahan data yang sudah dilakukan, nilai Kuat Tarik, Modulus Elastisitas, dan elongasi rata-rata terbaik yaitu *WR-Ramie*, berturut-turut  $0^\circ = 64,14 \text{ MPa}$ ;  $45^\circ = 50,83 \text{ MPa}$ ; dan  $90^\circ = 41,55 \text{ MPa}$ , *Young Modulus* :  $1,50 \text{ MPa}$ ;  $6,35 \text{ MPa}$ , &  $3,23 \text{ MPa}$ , dan elongasi  $12,68 \%$ ;  $13,03 \%$ ; &  $9,21 \%$ . Sedangkan densitas  $1,85 \text{ g/cm}^3$  sebagai sifat fisis. Sehingga masih perlu riset lanjutan untuk memenuhi kriteria sebagai bodi mobil yaitu kisaran  $190\text{--}290 \text{ MPa}$  dengan rata-rata elongasi  $5\text{--}20\%$ . Jika sebagai desain material produk *brake lever* mobil dari komposit serat knaf, maka harus memiliki kuat tarik  $293\text{--}930 \text{ MPa}$ , *density*  $1,2\text{--}1,4 \text{ g/cm}^3$ , *young modulus*  $53 \text{ GPa}$ , dan elongasi  $1,6\text{--}6,9 \%$ . Namun disisi lain hasil penelitian ini telah memiliki kekuatan tarik diatas  $33,93 \text{ MPa}$  yaitu syarat minimal pembuatan helm SNI untuk *tensile strength* yang diizinkan.

Muhammad Arsyad Suyuti melakukan penelitian dengan judul “pengaruh variasi arah susunan serat sabut kelapa terhadap sifat mekanik komposit serat sabut kelapa”. Serat sabut kelapa merupakan salah satu material serat alami atau biokomposit yang bersifat organik yang memiliki banyak kegunaan dan sangat mudah didapatkan di Indonesia. Penggunaan material serat sabut kelapa masih dalam kategori limbah yang belum banyak dimanfaatkan oleh skala industri

sehingga perlu adanya pemanfaatan fiber berpenguat serat alami. Pemanfaatan serat alami tersebut dilakukan dengan pembuatan komposit melalui pencampuran antara resin polyester Yukalac® 157 BQTN-EX, serat sabut kelapa, dan katalis MEKPO (methyl ethyl keton peroxide). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh arah penyusunan serat terhadap sifat mekanik (kuat tarik, dan kuat lentur) komposit serat sabut kelapa, dan mengetahui kemungkinan serat sabut kelapa sebagai bahan pengisi komposit digunakan untuk pembuatan material kapal. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit jenis lamina dengan melihat variasi arah serat sabut kelapa sejajar  $0^\circ$ ,  $0^\circ$ , sejajar  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ , sejajar  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan komposit tanpa serat. Setelah pembuatan komposit kemudian diuji tarik sesuai standar ASTM D 638-02, dan diuji lentur sesuai standar ASTM D 790-03 sebanyak tiga kali pengujian setiap variasi arah serat. Hasil analisa data diolah secara statistik menggunakan metode deskriptif, dimana semua data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Adapun hasil perhitunganyang telah dilakukandidapatkan nilai rata-rata tegangan uji tarik komposit serat sabut kelapa yang optimal ialah arah sejajar  $0^\circ$ ,  $0^\circ$  sebesar  $14,34 \text{ N/mm}^2$ , dan untuk tegangan lentur komposit serat sabut kelapa yang optimal ialah arah sejajar  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  sebesar  $23,34 \text{ N/mm}^2$ . Dari hasil perhitungan tersebut, nilai kekuatan sesuai standar Badan Klasifikasi Indonesia masih jauh dari nilai yang didapatkan.

Hartono Yudo, Sukanto Jatmiko melakukan penelitian dengan judul “analisa teknis kekuatan mekanis material komposit berpenguat serat ampas tebu (*bagasse*) ditinjau dari kekuatan tarik dan impak”. Serat ampas tebu (*bagasse*) merupakan limbah organik yang banyak dihasilkan di pabrik- pabrik pengolahan gula tebu di Indonesia. Serat ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi selain merupakan hasil limbah pabrik gula tebu, serat ini juga mudah didapat, murah, tidak membahayakan kesehatan, dapat terdegradasi secara alami (biodegradability) sehingga nantinya dengan pemanfaatan sebagai serat penguat komposit mampu mengatasi permasalahan lingkungan. Dari pertimbangan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan analisa teknis berupa kekuatan tarik dan impak dari komposit berpenguat serat ampas tebu (*bagasse*) dengan perlakuan pola anyaman variasi arah serat sudut arah serat sudut searah  $0^\circ$  dan bersilangan  $45^\circ$ . sebagai penguat matrik resin polyester. Dari hasil pengujian spesimen dilakukan analisa

kekuatan mekanis kemudian dibandingkan dengan nilai kekuatan mekanis yang disyaratkan/diizinkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) sebagai tolak ukur standar ujinya. Pengujian komposit berpenguat serat ampas tebu membandingkan arah serat sudut  $0^0$  dan  $45^0$ , perlakuan serat pola anyaman, fraksi volume 44% matrik polyester dan 56% serat ampas tebu, dengan metode *hand lay up*, hasil pengujian didapat harga kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh komposit dengan arah serat sudut searah  $0^0$ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari komposit berpenguat serat ampas tebu belum dapat memenuhi standar kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang disyaratkan BKI yakni : untuk arah serat sudut searah  $0^0$  kekuatan tariknya sebesar  $1.69 \text{ kg/mm}^2$  dan modulus elastisitasnya sebesar  $115.85 \text{ kg/mm}^2$ , untuk arah serat sudut bersilangan  $45^0$  kekuatan tariknya sebesar  $1.34 \text{ kg/mm}^2$  dan modulus elastisitasnya sebesar  $108.40 \text{ kg/mm}^2$ .

## 2.2 Komposit

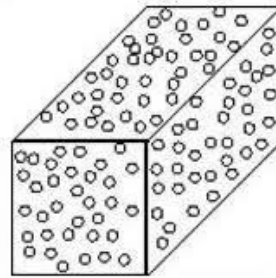
Komposit merupakan perpaduan dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi suatu material yang baru dan memiliki properties lebih baik dari keduanya. Komposit menjadi bahan alternatif pengganti bahan logam, hal ini disebabkan sifat dari komposit serat yang kuat dan mempunyai berat yang lebih ringan dibandingkan logam. Karakteristik komposit sangat kuat dipengaruhi oleh penyusunnya, distribusinya dan interaksinya. Lebih spesifik, juga dipengaruhi oleh geometri dari penguatnya, dimana geometri itu merupakan bentuk, ukuran dan distribusi ukurannya. Semua hal ini kemudian dikembangkan untuk menaikkan karakteristik mekaniknya seperti kekuatan, kekakuan, ketangguhan, peforma terhadap panas dan lainnya. (Sirait, 2010)

Keuntungan dari penggunaan komposit sendiri adalah bobotnya yang ringan serta mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik, biaya produksi lebih murah, umur pemakaian yang lama dan tahan terhadap korosi. Hal demikian harus diperhatikan karena pada komposit yang diperkuat agar dapat membentuk produk yang efektif, disamping itu juga harus ada ikatan permukaan yang lebih kuat antara komponen penguat dan matriks. (Djaprie, 1991:592)

Menurut bentuk dan penyusunnya material komposit dapat dibedakan menjadi lima jenis, yaitu :

1. Komposit Partikel (*particulate composite*)

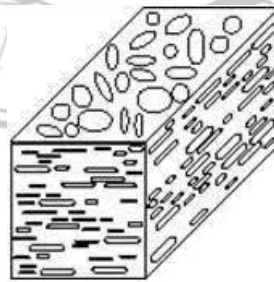
Komposit partikel merupakan material komposit yang bahan penguatnya berbentuk partikel atau butiran. Misal bulat, serpih atau balok, serta bentuk lainnya yang memiliki panjang sumbu hampir sama, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang dibenamkan dalam suatu matriks dari material yang berbeda.



**Gambar 2. 1 : Komposit Partikel (Lumintang S, 2011)**

2. Komposit Serpih (*flake*)

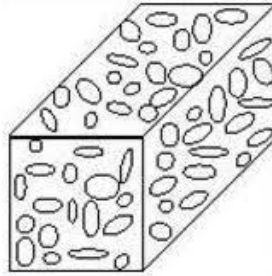
Komposit ini pada umumnya menggunakan bahan penguat yang di distribusikan ke dalam matriks, sehingga komposit yang dihasilkan cenderung lebih bersifat *isotropis* dari pada *anisotropis*.



**Gambar 2. 2 : Komposit Partikel Serpih (Flake) (Lumintang S, 2011)**

### 3. Komposit Skeltal (*filled*)

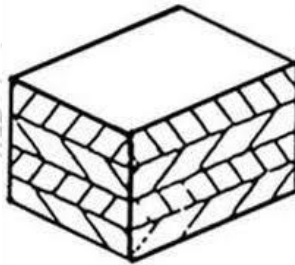
Komposit skeltal adalah komposit yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat. Di dalam komposit skeltal biasanya diberi tambahan material atau *filler* ke dalam matriknya dengan struktur tiga dimensi.



**Gambar 2. 3: Komposit Skeltal (Filled) (Lumintang S, 2011)**

### 4. Komposit Laminar

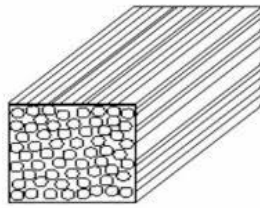
Komposit laminar merupakan jenis komposit yang tersusun atas dua atau lebih lamina/lapisan. Komposit serat lamina ini adalah yang paling banyak digunakan dalam lingkup teknologi otomotif maupun industri.



**Gambar 2. 4: Komposit Laminar (Lumintang S, 2011)**

### 5. Komposit Serat (*fibrous composite*)

Pada umumnya serat jauh lebih kuat dan kaku dibanding matriknya, sifat dan kandungan seratnya akan sangat menentukan sifat komposit yang dihasilkan. Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan untuk struktur. Komposit serat terdiri dari serat sebagai bahan penguat dan matrik sebagai bahan pengikat, pengisi volume dan pelindung serat-serat untuk mendistribusikan gaya atau beban antara serat-serat.



**Gambar 2. 5: Komposit Serat (fibrous composite)(Lumintang S, 2011)**

Dalam penelitian yang akan saya lakukan, bentuk dan penyusunnya yang digunakan adalah bahan komposit serat (*fiber composite*), komposit serat memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih baik. Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan, oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit serat terdiri dari serat–serta yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* dan *whisker*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat.

### **2.2.1 Bahan Penguat (*Reinforcement*)**

Salah satu bagian utama dari komposit adalah penguat, yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Bahan penguat yang paling sering dipakai adalah serat glass. Sebagai bahan baku serat, umumnya dipakai non–alkali (glass tipe E). Serat glass ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi, kira-kira 1000 Kali lebih kuat dari kawat baja ( $90 \text{ kgf/mm}^2$ ) (Aris, 2015). Serat karbon (serat grafit) dibuat dari serat akrilik disinter dan digrafitkan. Serat ini kekuatannya lebih rendah dari pada serat gelas, tetapi tidak dapat diabaikan, sedangkan modulus elastiknya baik sekali. Massa jenisnya kira-kira 1,8-1,9 lebih rendah dari serat gelas. Penguat yang digunakan pada polimer, baik termoplastik maupun termoseting pada umumnya dalam bentuk serat (*fiber*), benang (*filament*) dan butiran. Perbandingan antara resin dan penguat merupakan faktor penting untuk

menentukan sifat struktur komposit. Tetapi tidak lebih dari setengah (50%) dari resin, karena akan menyebabkan kurangnya kerekatan polyester.

Material serat (*fiber*) berfungsi untuk memberikan kekuatan pada material matriks dengan cara memindahkan gaya dari beban yang dikenakan dari matriks yang lebih lemah pada fiber yang lebih kuat. Tegangan dapat menjalar sepanjang ikatan serat atau matriks yang mampu ditingkatkan dengan jalan penentuan ukuran, ikatan dan penggunaan zat yang khusus. (Djaprie, 1991) Serat yang dipakai sebagai penguat ada dua macam yaitu:

- a. Serat kimia atau serat buatan, terdiri dari:
  1. Serat regenerasi: Rayon viscus (Rayon), Rayon biasa, Serat Polimosik dan Rayon Kuprommonium.
  2. Serat semi sintetis: Selulosa, Asetat dan Serat Protein.
  3. Serat sintetis: Poliamid (nilon), Polivinil Alkohol (vinilon), Poliviniliden Klorida (viniliden), Polyester, dan Polietilen Polipropilen.
  4. Serat anorganik: Serat gelas dan Serat Karbon.
- b. Serat alam, terdiri dari:
  1. Serat binatang: Wol dan Sutra.
  2. Serat galian: Asbes.
  3. Serat tumbuhan: Kapas, Flaks, Rami, Daun Nanas, Jut, Pisang (*Musa Paradisica*), Bambu (*Giganto Cola*), Pinang-Pinangan (*Coripha Clata*), Pandan (*Pandanus Tectorius*), dan lain-lain.

Untuk bahan penguat material komposit yang akan saya gunakan yaitu serat dari limbah titanium bekas pembubutan, pemanfaatan limbah titanium bekas pemesinan sebagai bahan material sangat penting agar tidak hanya dibuang begitu saja namun bisa dimanfaatkan lagi sebagai bahan/material yang diinginkan. Serat limbah titanium bekas pembubutan adalah salah satu jenis serat yang berasal dari bekas pemesinan bubut yang dihasilkan dari sisa atau limbah permesinan.

### 2.2.2 Matriks (Resin)

Secara umum resin adalah bahan yang diperkuat serat, resin bersifat cair dengan viskositas yang rendah, yang akan mengeras setelah terjadinya proses polimerisasi. Resin berfungsi sebagai pengikat antara serat yang satu dengan serat



yang lainnya sehingga menghasilkan ikatan yang kuat terbentuk material komposit yang padu, yaitu material yang memiliki kekuatan pengikat yang tinggi.

Bahan komposit mempunyai sifat-sifat yang berbeda dengan sebagian besar material konvensional yang telah dikenal selama ini. Sebagian material konvensional bersifat homogen. Bahan homogen berarti bersifat sama di semua tempat dalam hal ini massa jenis serat alam lebih rendah dibanding massa jenis sintesis (serat buatan).

Adapun resin yang umum dipakai yaitu:

### **1. Resin Thermosetting**

Resin ini pada umumnya mempunyai reaksi kimia dua tingkat dengan rantai molekul yang panjang. Reaksi dua tingkat ini terjadi selama proses pembentukan dengan bantuan panas dan tekanan. Hasil dari pada proses ini akan mengeras setelah didinginkan dan memiliki struktur jaringan tertutup. Material tidak bisa menjadi lunak kembali bila dilakukan pemanasan ulang walaupun diatas temperatur pembentuknya. Pemanasan yang tinggi justru akan membentuk bahan terurai.

Resin yang tergolong jenis ini adalah:

#### ❖ Phenolik

Dalam satu ilmu kimia phenolik dikenal sebagai *Poly Phenol Formaldehyde* yaitu suatu zat hasil kondensasi Phenol dan Aldehyde Formaldehyde. Bentuk material sangat keras dan kaku dengan modulus elastis yang baik dibanding dengan resin lainnya. Seluruh jenis *reinforcement* dapat dipadukan dengan phenolik namun pada umumnya resin dipakai dalam industri *polywood* karena sifatnya yang keras, kuat, mudah dibentuk, mudah diberi warna serat, tidak transparan dan mempunyai kestabilan dimensi yang baik. Diperoleh dari hasil kondensasi *ephylchlor hydrin* dengan senyawa hidroksin. Sifatnya ulet, elastis, dan tidak bereaksi dengan sebagian besar bahan kimia dan mempunyai dimensi yang lebih stabil.

#### ❖ Silikon

Silikon biasanya digunakan sebagai matrik untuk jenis komposit dengan tujuan tertentu, silikon merupakan material khusus yang mempunyai ketahanan panas hingga suhu 316° C. Hal ini dikarenakan silikon

mempunyai ikatan antara atom silikon dan oksigen tanpa terdapat rantai karbon. Ini yang menjadikan silikon mempunyai nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan jenis resin yang lain.

#### ❖ Polyester

Polyester berasal dari reaksi kimia asam dibasa yang bereaksi secara kondensasi dengan alkohol dihidrat. Karena asam tak jenuh digunakan dengan berbagai cara sebagai bagian dari asam dibasa, yang menyebabkan terdapat ikatan tak jenuh dalam rantai utama dalam dari polimer yang dihasilkan, maka disebut polyester tak jenuh.

Sifat polyester sendiri adalah kaku dan rapuh. Mengenai sifat thermalnya, karena banyak mengandung monomer stiren, maka suhu deformasi thermalnya lebih rendah dari pada resin thermoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjangnya berkisar  $\pm 110-140^{\circ}\text{C}$ . Sifat listriknya lebih baik diantara resin thermoset, tetapi diperlukan penghilangan lembaban yang cukup pada saat pencampuran dengan glass. Mengenai ketahanan kimianya, pada umumnya kuat terhadap asam. Bila dimasukkan kedalam air mendidih untuk waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut, yang melarutkan polimer stiren. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik, tahan terhadap kelembaban dan sinar U.V bila dibiarkan diluar ruangan. Polyester adalah jenis resin yang paling banyak digunakan sebagai matrik pada Fiber Glass untuk badan kapal, mobil, tandon air dan sebagainya (Surdia T. 1989). Pengesatan thermal digunakan *Benzoil peroksida* (BPO) sebagai katalis. Temperatur optimal adalah  $135^{\circ}\text{C} - 155^{\circ}\text{C}$ , namun kebanyakan pengesatan dingin yang digunakan. (Surdia T, 1989).

**Tabel 2. 1 : Spesifikasi Resin Polyester Yukalac 157 BQTN-EX (Nurmaulita,2010)**

<u>Item</u>	<u>Satuan</u>	<u>Nilai Tipikal</u>	<u>Catatan</u>
<u>Massa Jenis</u>	g/cm <sup>3</sup>	1,21	25°C
<u>Kekerasan</u>	-	40	<u>Barcol/ GYZJ 934-1</u>
<u>Suhu distorsi Panas</u>	°C	70	
<u>Penyerapan air (suhu ruang)</u>	%	0,188	24 jam
	%	0,466	7 <u>hari</u>
<u>Kekuatan Flexural</u>	Kg/mm <sup>2</sup>	9,4	
<u>Modulus Flexural</u>	Kg/mm <sup>2</sup>	300	
<u>Daya Rentang</u>	Kg/mm <sup>2</sup>	5,5	
<u>Modulus Rentang</u>	Kg/mm <sup>2</sup>	300	

Untuk resin (matriks) yang akan saya gunakan yaitu resin polyester karena mempunyai ketahanan kimia yang baik, pada umumnya kuat terhadap asam dan tahan terhadap panas yang cukup baik. Resin ini berupa cairan dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin thermoset lainnya.

### **2.3 Proses Produksi Material Komposit**

Proses pengerasan dari resin adalah efek hasil keseimbangan reaksi antara katalis, akselerator serta inhibitor. Resin mengeras dengan penambahan katalis sehingga reaksi ikatan polymerisasi terjadi biasanya resin telah dicampur dengan inhibitor yang secara radikal terjebak. Saat katalis ditambahkan, inhibitor inilah yang bereaksi sebelum terjadi polymerisasi, pada saat tersebut memberikan waktu bagi resin untuk berkombinasi dengan penguat dan menempati ruang untuk mengeras sebelum polymerisasi terjadi. Kebanyakan katalis peroksida berkomposisi agak lambat saat ditambahkan pada resin. Untuk mendapatkan pengerasan yang cepat, akselerator ditambahkan sehingga mempercepat katalis untuk berkomposisi. (Derek H, 1981).

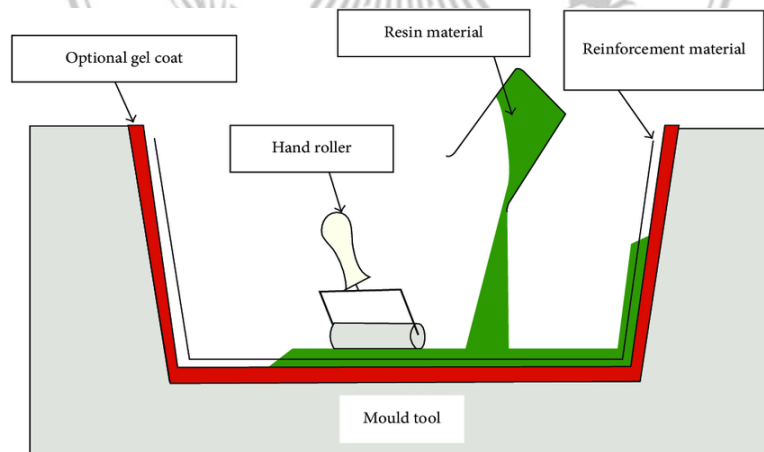
#### **2.3.1 Proses Hand Lay-Up**

Proses pabrikasi dari material komposit banyak macamnya, proses hand lay-up ini adalah proses yang sangat sederhana. Caranya adalah cairan resin yang telah diberikan katalis dan kemudian meletakkan diatas penguat (fibre) yang telah

diletakkan pada cetakan. Cara ini dipakai dalam pembuatan spesimen pada penelitian ini, tetapi dengan memberikan tambahan material lain sebagai bahan pengisi(*filler*) untuk mendapatkan sifat mekanis yang berbeda. Proses hand lay-up juga dipilih karena sesuai untuk pembuatan komposit dengan dimensi standart benda uji, dengan urutan prosesnya sebagai berikut:

1. Pembuatan cetakan benda uji.
2. Mengoleskan gelcoat pada permukaan cetakan.
3. Setelah gelcoat mengering, mulai mengoleskan lapisan resin pertama.
4. Meletakkan penguat, tekan pada resin serta membuang udara yang terjebak dengan menggunakan roller.
5. Mengulangi langkah 3 dan 4 sampai ketebalan yang diinginkan.
6. Menunggu sampai mengering total.
7. Melepas benda uji dari cetakan dan merapikan.

Proses curing merupakan proses pengerasan atau polymerisasi dari matriks resin untuk membentuk ikatan yang permanen antara serat dan lamina.



**Gambar 2. 6: Proses Hand Lay-Up**

### 2.3.2 Sheet Moulding Compound (SMC)

SMC merupakan proses yang hampir sama dengan proses tertutup, karena menggunakan peralatan yang cukup kompleks. Biasanya digunakan dalam industri otomotif dengan control yang baik. Proses ini menggunakan system *automatic*

*countinuous-flow* yang terdiri dari beberapa roller yang membawa bahan penguat dan bahan pengikat, sedangkan roller yang lain menghaluskan lamina yang terbentuk. Proses ini dapat menimbulkan panas hingga 300°F (130°C) dan tekanan sebesar 1000psi.

Dalam penelitian yang akan saya lakukan, yaitu proses lay-up dengan cairan resin yang telah diberikan katalis dan kemudian meletakkan diatas penguat (fibre) yang telah diletakkan pada cetakan. Proses hand lay-up juga dipilih karena sesuai untuk pembuatan komposit dengan dimensi standart benda uji.

## 2.4 Bahan Tambahan Penyusun Komposit

Selain bahan pengikat dan bahan penguat, material komposit juga tersusun dari beberapa bahan tambahan lainnya. Bahan tambahan tersebut memiliki berbagai fungsi sesuai dengan jenisnya yaitu:

### 1) Aditif

Berupa bahan tambahan yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan proses atau untuk mengubah kualitas dan sifat produk dengan menambahkan bahan tersebut pada bahan pokok yaitu polymer (resin). Bahan aditif yang biasa dipakai adalah :

#### a. Pewarna atau *Pigmen*

Disamping untuk memberikan nilai estetis yang tinggi dengan mewarnai hasil produk yang berfungsi untuk melindungi dari pengaruh sinar karena mampu menyerap dan memantulkan jenis sinar tertentu.

#### b. Pengisi atau *Filler*

Filler merupakan material dapat yang ditambahkan pada polymer dan biasanya dalam bentuk partikel atau serat untuk mengubah sifat-sifat mekaniknya atau untuk mengurangi harga material. Alasan yang lain dalam penggunaan filler adalah untuk memperbaiki stabilitas bentuk dan panas. Contoh pengisi yang digunakan dalam polymer yaitu : serat selulosik dan bedak (powder), bedak silica dan kalsium karbonat.

## 2) Katalis (Hardener)

Adalah bahan yang memungkinkan terjadinya proses curing, yaitu proses pengerasan terhadap resin. Hardener ini terdiri dari dua bahan yaitu katalisator dan accelerator. Katalisator dan accelerator akan menimbulkan panas, pengaruh panas ini diperlukan untuk mempercepat proses pengeringan sehingga bahan menjadi kuat. Namun apabila panasnya terlalu tinggi maka akan merusak ikatan antar molekul dan juga akan merusak seratnya.

### a. Katalisator

Katalisator adalah bahan yang mempercepat terbukanya ikatan rangkap molekul polimer kemudian akan terjadi pengikatan antar molekul-molekulnya.

### b. Accelerator

Accelerator adalah bahan yang mempercepat terjadinya ikatan-ikatan yang diantara molekul yang sudah mempunyai ikatan tunggal dan untuk mempercepat proses pengerasan.

Bahan tambahan utama adalah katalis (*hardener*). Katalis merupakan zat *curing* (mengeraskan cairan resin) bagi sistem perekat. Pengeras bergabung secara kimia dengan bahan rekatannya. Pengeras berupa *monomer*, *polimer* atau senyawa campuran. Katalis juga dipergunakan sebagai zat curing bagi resin thermoset, mempersingkat waktu curing dan meningkatkan waktu silang polimernya. Semakin banyak katalis, reaksi curing akan semakin cepat. Tetapi kelemahan katalis akan menimbulkan panas yang tinggi pada saat curing sehingga akan merusak produk yang dibuat. Produk tersebut dapat menjadi bahan komposit getas/ rapuh. Dengan demikian, pemberian katalis dibatasi berkisar 1% - 2% dari berat resin. (Aris, 2015)

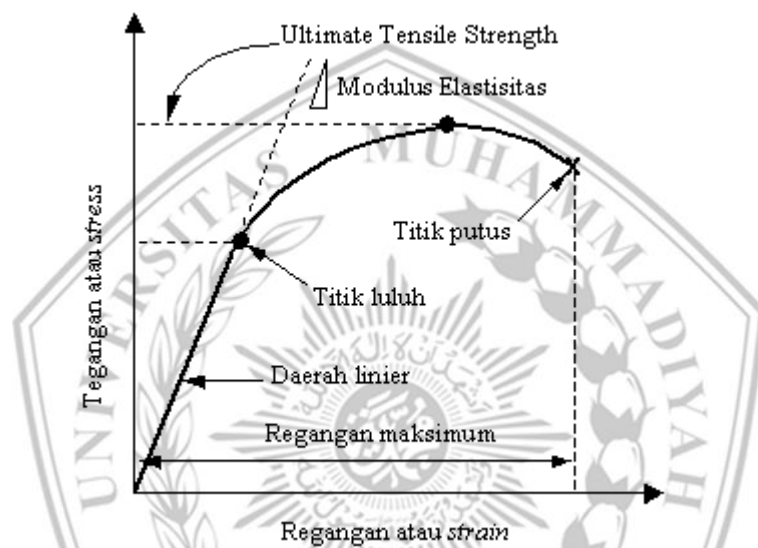
Katalis yang digunakan dalam penelitian ini memiliki senyawa *MEKPO* yaitu senyawa *Metyl Etyl Keton Peroksida* yang berfungsi untuk memudahkan saat pelepasan komposit dari cetakan.

## 2.5 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat dasar dari bahan. Hubungan tegangan-regangan pada tarikan memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada laju

tegangan, temperatur, lembaban, dan seterusnya. Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam.

Kemampuan maksimum bahan dalam menahan beban disebut "*Ultimate Tensile Strength*" disingkat dengan UTS. Untuk semua bahan, pada tahap sangat awal uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke, yaitu rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan.

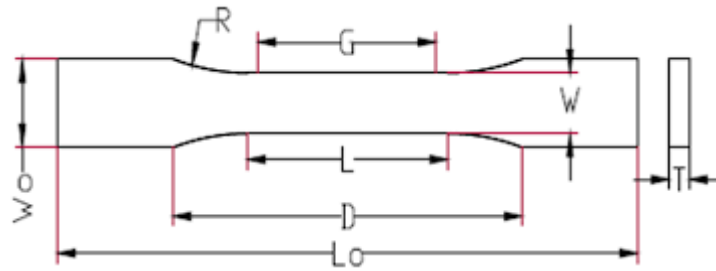


Gambar 2. 7: Kurva Tegangan dan regangan(Nurmaulita, 2010)

Kurva pada Gambar 2.7 menunjukkan bahwa, bila sebuah bahan diberibeban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya hampir kembali ke kondisi semula) yaitu regangan nol pada titik O. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan tersebut. Terdapat konvensi batas regangan permamen (permanent strain) sehingga disebut perubahan elastis yaitu kurang 0.03%, tetapi sebagian referensi menyebutkan 0.005%.

Titik Luluh atau batas proporsional merupakan titik dimana suatu bahan apabila diberi suatu beban memasuki fase peralihan deformasi elastis ke plastis, yaitu titik sampai di mana penerapan hukum Hooke masih bisa ditolerir. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.

Bentuk sampel uji secara umum digambarkan seperti Gambar 2.8 berikut:



Gambar 2. 8 : Uji Tarik ASTM D 638-84 M1(Saefudin, 2014)

Hubungan kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = F/A$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan (*stress*) (kgf/mm<sup>2</sup>)

F = Gaya yang diaplikasikan (KN)

A = Luas penampang (mm)

Hubungan perpanjangan tarik dapat menggunakan persamaan seperti dibawah ini:

$$\varepsilon = \Delta l/l$$

Dimana:

$\varepsilon$  = Regangan (*strain*)

l = Panjang spesimen mula-mula (mm)

$\Delta l$  = Pertambahan panjang (mm)

Hubungan antara *stress* dan *strain* dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

Di mana:

E = Modulus elastisitas atau *modulus young* (kgf/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Tegangan (*stress*) (kgf/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = Regangan (*strain*)



## 2.6 Teori Lapisan Tersusun

Teori Lapisan Tersusun dapat dijelaskan sebagai bentuk usaha untuk memperoleh material baru yang mempunyai sifat mekanik lebih baik. Dengan cara menyusun lamina-lamina menjadi laminate. Lamina adalah susunan matriks dan reinforcement dalam satu lapis. Proses pembentukan lamina menjadi laminate dinamakan laminasi. (Hull D, 1981)

### 2.6.1 Continuous Fiber Laminate

Laminate tipe ini mempunyai lamina penyusun dengan serat yang tidak terputus hingga mencapai ujung batas lamina. Berikut terdapat beberapa jenis lamina yaitu:

❖ *Unidirectional Laminate*

Adalah bentuk laminate dengan tiap-tiap lamina mempunyai arah serat penyusun yang sama (sejajar). Selain itu pada *Unidirectional Laminate* dapat dibuat bahan dengan arah serat yang berbeda.

❖ *Cross-Plyed Quasi Isotropik*

Mempunyai susunan serat yang paling tegak lurus satu sama lain antar lamina. Lamina pertama memiliki  $0^\circ$ , lamina kedua membentuk sudut  $90^\circ$  dan lamina ketiga membentuk sudut  $0^\circ$  demikian seterusnya.

❖ *In-Plane Random*

Serat penguat ini disebarkan secara acak (random) pada setiap lamina. Serat ini memiliki panjang hingga mencapai ujung batas lamina (tidak terputus).

Dalam penelitian yang akan saya lakukan yaitu menggunakan *Continuous Unidirectional Lamina* yang dibuat dengan serat yang tidak terputus hingga mencapai ujung batas lamina dengan arah serat yang berbeda-beda. Komposit ini mempunyai serat panjang dan lurus, membentuk lamina di antara matriksnya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

### 2.6.2 Discontinuous Fiber Laminate

Berbeda dengan jenis sebelumnya maka laminate ini pada masing-masing lamina terdiri dari potongan serat yang terputus (Discontinuous). Jenis-jenis dari *discontinuous fiber laminate* adalah:

#### a. *Short-Aligned Fiber*

Jenis ini mempunyai penguat berupa potongan serat gelas yang disusun merata dalam arah tertentu, sesuai keperluan pada tiap lamina.

#### b. *Inplane Random Fiber*

Seperti pada *Continuous Fiber Laminate* jenis ini mempunyai penguat berupa potongan serat disebarkan secara acak pada tiap lamina, namun serat-serat tersebut berbentuk pendek ujung-ujungnya tidak mencapai batas tepi fiberglass.

### 2.7 Kegagalan Komposit

Suatu struktur dianggap gagal apabila struktur tersebut tidak dapat berfungsi lagi dengan sempurna. Pada sebuah struktur pembebanan yang kecil mungkin hanya berakibat terjadinya deformasi yang kecil, namun pada struktur yang lain sudah mengakibatkan kegagalan. Hal tersebut terjadi karena perbedaan sifat mekanik tiap-tiap bahan pada komposit yang terdiri dari dua komponen utama kegagalan bisa dimulai dari salah satu komponen atau keduanya. (Hull D, 1981)

Kegagalan yang dapat terjadi yaitu:

1. Kepatahan pada serat (*Fiber Breaking*).
2. Lepasnya serat dari matrik (*Fiber Pull-Out atau Debonding*).
3. Retak mikro pada matrik (*Matrik Mikrocracking*).
4. Terlepasnya lamina dari laminate (*delamination*).

### 2.8 Mekanisme Penguat Serat

Sifat mekanis maupun fisik komponen ditentukan oleh kandungannya. Penguat matrik modulus rendah dengan serat kuat bermodulus besar memanfaatkan pemindahan beban ke seratnya. Tiap seratnya bersyarat khusus agar sistem benar bekerja sebagai komposit.

Pada penguatan serat hampir seluruhnya beban ditanggung oleh serat. Sedang matrik yang berfungsi meneruskan beban terhadap serat, memisahkan serat dengan serat dan mencegah penjaralan retak yang diakibatkan oleh serat yang patah. Sehingga matrik harus memenuhi fungsi sebagai berikut : mengikat serat-serat dan menjaga permukaan tidak rusak, menjaga serat terdispersi dan terpisah (tidak ada permukaan retakan atau kegagalan), efisiensi memindahkan tegangan ke serat dengan peretakan atau gesekan bila komposit terbebani.

## **2.9 Orientasi Serat Pada Komposit**

Orientasi, ukuran, dan bentuk serta material serat adalah faktor-faktor yang mempengaruhi properti mekanik. Serat nanas yang dikombinasikan dengan resin sebagai matriks akan dapat menghasilkan komposit alternatif yang salah satunya berguna untuk aplikasi material. Bahan komposit dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, tergantung pada geometri dan jenis seratnya. Hal ini dapat dimengerti karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Sifat-sifat dari bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan dan ketahanan tergantung dari geometri dan sifat-sifat seratnya.

## **2.10 Serat Limbah Ti (Titanium)**

Serat limbah Ti (Titanium) merupakan serat yang berasal dari limbah yang dihasilkan dari permesinan atau pengerjaan titanium menggunakan mesin bubut. Serat titanium memiliki bentuk seperti kawat kecil yang melintir-melintir. Limbah titanium banyak di temukan di perusahaan atau industri yang menggunakan bahan baku logam titanium.

Titanium (Ti), unsur kimia, logam abu-abu keperakan dari Grup 4 (IVb) dari tabel periodik. Titanium adalah logam struktural rendah korosi, ringan, dan berkekuatan tinggi, dan digunakan dalam bentuk paduan untuk bagian dalam pesawat berkecepatan tinggi. Senyawa titanium dan oksigen ditemukan (1791) oleh kimiawan Inggris dan mineralogi William Gregor dan ditemukan kembali (1795) dan dinamai oleh kimiawan Jerman Martin Heinrich Klaproth. (Aris S, 2014)

Keterangan unsur titanium :

- Simbol: Ti
- Radius Atom: 1.45 Å
- Volume Atom: 10.6 cm<sup>3</sup>/mol
- Massa Atom: 47.88
- Titik Didih: 3560 K
- Radius Kovalensi: 1.32 Å
- Struktur Kristal: Heksagonal
- Massa Jenis: 4.54 g/cm<sup>3</sup>
- Konduktivitas Listrik:  $2.6 \times 10^6 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$
- Elektronegativitas: 1.54
- Konfigurasi Elektron: [Ar]3d<sup>2</sup> 4s<sup>2</sup>
- Formasi Entalpi: 18.6 kJ/mol
- Konduktivitas Panas: 21.9 Wm<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>
- Potensial Ionisasi: 6.82 V
- Titik Lebur: 1935 K
- Bilangan Oksidasi: 4,3
- Kapasitas Panas: 0.523 Jg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>
- Entalpi Penguapan: 455.2 kJ/mol

Titanium murni merupakan logam putih yang sangat bercahaya. Ia memiliki berat jenis rendah, kekuatan yang bagus, mudah dibentuk dan memiliki resistansi korosi yang baik. Jika logam ini tidak mengandung oksigen, ia ductile. Titanium merupakan satu-satunya logam yang terbakar dalam nitrogen dan udara. Titanium juga memiliki resistansi terhadap asam sulfur dan asam hidroklorida yang larut, kebanyakan asam organik lainnya, gas klor dan solusi klorida. Titanium murni diberitakan dapat menjadi radioaktif setelah dibombardir dengan deuterons. Radiasi yang dihasilkan adalah positrons dan sinar gamma. Logam ini *dimorphic*. Bentuk alfa heksagonal berubah menjadi bentuk beta kubus secara perlahan-lahan pada suhu 880 derajat Celcius. Logam ini terkombinasi dengan oksigen pada suhu panas merah dan dengan klor pada suhu 550 derajat Celcius. Logam titanium tidak bereaksi dengan fisiologi tubuh manusia (*physiologically inert*). Titanium oksida

murni memiliki indeks refraksi yang tinggi dengan dispersi optik yang lebih tinggi daripada berlian. (Mastah, 2017)

Titanium sangat penting sebagai agen campuran logam dengan aluminium, molibdenum, mangan, besi dan beberapa logam lainnya. Campuran logam titanium digunakan terutama untuk bahan pesawat terbang dan misil, dimana logam ringan, kuat dan tahan suhu tinggi diperlukan. Titanium sekuat baja, tetapi 45% lebih ringan. Ia 60% lebih berat daripada aluminium, tetapi dua kali lebih kuat. Titanium memiliki kegunaan potensial di pabrik desalinasi untuk mengkonversi air laut menjadi air tawar. Logam ini memiliki resistansi yang baik terhadap air laut dan digunakan untuk baling-baling kapal dan bagian kapal lainnya yang terekspos pada air asin. Anoda titanium yang dilapisi platinum telah digunakan untuk memberikan perlindungan dari korosi air garam. Titanium diproduksi secara buatan untuk permata. Safir dan rubi menunjukkan *asterism* sebagai hasil keberadaan  $\text{TiO}_2$ . Titanium dioksida sangat banyak digunakan untuk cat rumah dan cat lukisan karena permanen dan memiliki sifat penutup yang baik. Pigmen titanium oksida merupakan aplikasi yang terbanyak untuk unsur ini. Cat titanium merupakan reflektor sinar infra yang sangat bagus dan banyak digunakan pada tempat-tempat pengamatan matahari (solar observatories) dimana panas dapat mengganggu pengamatan. Titanium tetraklorida digunakan untuk mengiridasi gelas. Senyawa ini mengeluarkan asap tebal di udara. (Mastah, 2017)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ada beberapa macam, ada yang berupa komponen utama dan ada juga yang berfungsi sebagai bahan penguat, antara lain:

#### 1. Komposit

Dalam penelitian yang saya lakukan, bentuk dan penyusunnya yang digunakan adalah bahan komposit serat, komposit serat memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih baik.

#### 2. Bahan Penguat (Serat Limbah Titanium)

Sebagai penguat, serat daun nanas yang dipakai dalam penelitian ini memiliki beberapa pertimbangan antara lain:

- Bahan baku yang berkualitas dan mudah didapat.
- Tidak mudah putus.

### 3. Matriks

Dalam penelitian ini, jenis material polimer yang dipilih sebagai bahan matriks adalah jenis Resin Polyester Tak Jenuh (*Unsaturated Polyester Resin*) dengan merk dagang resin *Polyester Yukalac 157® BTQN-EX*.

### 4. Katalis

Katalis yang digunakan memiliki senyawa *MEKPO* yaitu senyawa *Metyl Etyl Keton Peroksida* yang berfungsi untuk memudahkan saat pelepasan komposit dari cetakan.

### 5. Proses Produksi Spesimen

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *hand lay-up*. Proses *hand lay-up* ini adalah proses yang sangat sederhana dan banyak digunakan diberbagai penelitian dan industri.

